热应激条件下脂肪来源对肉兔生产性能、养分消化率及血清脂质代谢和抗氧化指标的影响[1]

郭志强[1,2]　邝良德[1]　任永军[1]　李丛艳[1]　谢晓红[1]　雷　岷[1*]

（1.四川省畜牧科学研究院，成都 610066；2.动物遗传育种四川省重点实验室，成都 610066）

摘　要：本试验旨在研究热应激条件下脂肪来源对肉兔生产性能、养分消化率及血清脂质代谢和抗氧化指标的影响。试验选择 30 日龄的断奶新西兰兔 600 只，随机分成 5 个组，每个组 6 个重复，每个重复 20 只。对照组饲喂基础饲粮，各脂肪添加组分别饲喂含 2%牛油、猪油、玉米油、豆油的饲粮。试验兔均饲养在热应激兔舍（温湿指数为 29.5±0.5）中。试验期 7 周。结果表明：与对照组相比，热应激条件下饲粮中添加不同来源的脂肪均可以显著提高肉兔的平均日增重(P＜0.05)，显著降低料重比(P＜0.05)，其中以玉米油的效果最佳。与对照组相比，热应激条件下饲粮中添加不同来源的脂肪均可以显著提高肉兔的干物质和粗蛋白质消化率（P<0. 05），显著降低粗脂肪消化率（P<0. 05），但对粗灰分和粗纤维消化率无显著影响（P>0. 05），其中玉米油组的干物质消化率最高，豆油组的粗蛋白质消化率最高。与对照组相比，热应激条件下饲粮添加牛油或猪油可以显著提高肉兔血清甘油三酯和总胆固醇含量（P<0. 05）；玉米油组和豆油组肉兔血清甘油三酯和总胆固醇含量则与对照组差异不显著（P>0. 05）。与对照组相比，热应激条件下饲粮添加豆油和玉米油可以显著提高肉兔血清超氧化物歧化酶活性和总抗氧化能力（P<0. 05），降低血清丙二醛含量（P<0. 05）；牛油组和猪油组血清超氧化物歧化酶活性、总抗氧化能力和丙二醛含量则与对照组差异不显著（P>0. 05）。由此可见，热应激条件下，饲粮添加不同来源的脂肪均可提高肉兔生产性能及干物质和粗蛋白质消化率，从整体效果来看，玉米油＞豆油＞猪油＞牛油；饲粮添加牛油或猪油可提高肉兔血清甘油三脂和总胆固醇含量，对机体抗氧化能力的影响不显著；饲粮添加豆油或玉米油对肉兔血清甘油三脂和总胆固醇含量无显著影响，但可显著提高机体的抗氧化能力。

关键词：热应激；肉兔；脂肪来源；生产性能；血清指标

中图分类号：S816　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

热应激是目前影响夏季肉兔正常生产的主要环境因素之一，尤其在我国的肉兔主产地南方地区。我国南方地区夏季高温高湿的气候持续时间长、强度大，同时肉兔属于皮毛动物，汗腺不发达，对高温高湿环境的耐受力低，处于严重的热应激环境下，导致了肉兔采食量减少、肠道疾病多发，给肉兔生产带来了严重损失[1-3]。由于体增热低和额外的能量代谢效应，油脂在夏季有较好的缓解热应激的作用，但不同来源的油脂缓解热应激作用有一定差异[4-5]。因此，研究饲粮添

收稿日期：2016-10-17

基金项目：公益性行业（农业）科研专项经费（201303145）；国家兔产业技术体系（CARS-44-B-4）；家家兔现代产业链关键技术集成研究与产业化示范（2016NZ0002）；四川省育种攻关项目（2016NYZ0046）

作者简介：郭志强（1981-），男，河南安阳人，助理研究员，硕士，主要从事肉兔饲料营养研究。E-mail: ygzhiq@126.com

*通信作者：雷　岷，研究员，硕士生导师，E-mail: xkyyts@126.com

加不同来源脂肪对缓解肉兔热应激的作用效果，对指导热应激环境下肉兔饲粮科学配制具有重要的指导作用。Cervera 等[6]在比较低脂肪饲粮和高脂肪饲粮时发现，在 12 和 18 ℃的舒适环境下，采食 2 种饲粮的肉兔增重差异不显著，但是在 24、30 和 33 ℃环境下采食高脂肪的饲粮可使肉兔增重显著提高。郭志强等[1]研究了在热应激条件下在饲粮中添加豆油和葡萄糖对肉兔生产性能的影响，试验结果显示，在肉兔饲粮中添加油脂可以有效缓解热应激，改善肉兔的生产性能。刘忠臣等[7]研究了不同脂肪来源对断奶仔猪生长性能及脂类代谢的影响，结果提示，椰子油对仔猪的促生长效果优于鱼油和猪油等动物源油脂。目前，关于脂肪来源对肉兔生产性能和营养代谢的研究鲜见报道，且关于在严格环境控制下的研究还未见报道。本试验拟在严格的热应激环境控制下，研究不同来源的脂肪对肉兔生产性能、血清脂质代谢和抗氧化指标的影响，为热应激条件下肉兔饲粮的精准配制提供科学参考。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验选择 30 日龄的断奶新西兰兔 600 只，随机分成 5 个组，每个组 6 个重复，每个重复 20 只。对照组饲喂基础饲粮，脂肪添加组分别饲喂含 2%牛油、猪油、玉米油和豆油的饲粮，各组饲粮营养水平基本一致。各组试验兔均饲养在环境可控制的热应激兔舍，预饲 5 d 后进行 7 周的饲养试验。在饲养试验的最后 2 周，从每个试验组选取接近该组平均体重的试验兔 6 只(公母各占 1/2)，采用全收粪进行消化代谢试验。饲养试验结束后，测定肉兔的生产性能；停饲（正常饮水）12 h 后心脏采血 10 mL，用于血清生化指标的测定。

1.2 饲养管理及饲粮

试验动物饲养在环境可控制兔舍，兔舍温湿指数（THI）为 29.5±0.5，处于热应激条件下。热应激环境的判定参考 Marai 等[8]的方法，即 $THI=db-[(0.31-0.31RH)(db-14.4)]$[式中：$db$ 指干球温度（℃）；RH 指相对湿度]，其中热应激环境为 THI=28.9～30.0；舒适环境为 THI=22.2～23.3。试验前对环境控制兔舍进行彻底冲洗和严格消毒，饲养管理和免疫程序采用常规方法，试验动物自由采食、自由饮水。

饲粮参照谷子林等[9]推荐的家兔营养需求并结合本地饲料资源设计，饲粮制成颗粒饲料。试验饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　试验饲料组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis)　　%

;	对照组 Control group	牛油组 3utter group	猪油组 Lard group	玉米油组 orn oil group	豆油组 'bean oil group
原料 Ingredients					
草粉 Alfalfa meal	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00
Soybean meal	10.20	10.20	10.20	10.20	10.20

Corn	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
米糠 Rice Bran Fresh	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Butter		2.00			
Lard			2.00		
油 Corn oil				2.00	
Soybean oil					2.00
糖 Glucose	2.00				
粕 Rapeseed meal	5.60	5.60	5.60	5.60	5.60
Wheat bran	20.20	20.20	20.20	20.20	20.20
氨酸 *L*-Lys	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
NaCl	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
氢钙 $CaHPO_4$	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Limestone	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
料 Premix1)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
水平 Nutrient levels2)					
能 ME/(MJ/kg)	10.58	10.60	10.60	10.62	10.62
粗纤维 CF	14.84	14.83	14.80	14.83	14.85
粗蛋白质 CP	16.12	16.14	16.12	16.15	16.14
钙 Ca	1.03	1.00	1.05	1.03	1.01
磷 P	0.61	0.60	0.63	0.61	0.62

1) 预混料可为每千克饲粮提供The premix provided the following per kg diets：Fe 100 mg，Cu 20 mg，Zn 90 mg，Mn 30 mg，Mg 150 mg，VA 4 000 IU，VD_3 1 000 IU，VE 50 mg，胆碱 choline 1 mg。

2)消化能为计算值，其余为实测值。DE was a calculated value, while other nutrient levels were measured values.

1.3 测定指标及方法

1.3.1 生产性能

于 35 日龄 08:00 和 84 日龄 08:00 对各试验兔空腹称重，分别记为初始体重和终末体重，统计全期耗料量，计算平均日采食量、平均日增重和料重比。

1.3.2 养分消化率测定

消化代谢试验采用全收粪法。饲粮样和粪样中干物质(DM)、粗蛋白质(CP)、粗脂肪(EE)、粗灰分（Ash）和粗纤维(CF)含量参照张丽英[10]的方法测定。

1.3.3 血清脂质代谢指标测定

血清中甘油三酯(TG)、总胆固醇(TC)、高密度脂蛋白(HDL-C)和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)含量均采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定，并按其说明书进行试剂配制和指标测定。

1.3.4 血清抗氧化指标测定

血清中超氧化物歧化酶(SOD)活性、丙二醛(MDA)含量和总抗氧化能力(T-AOC)均采用试剂盒测定，测定所需试剂盒均购自于南京建成生物工程研究所，并按其说明书进行试剂配制和指标测定。

1.4 数据处理与分析

试验数据用 Excel 2010 软件进行处理后，采用 SPSS 18.0 统计软件进行统计分析，Duncan 氏法进行多重比较，以 P<0.05 为差异显著性判断标准，结果用“平均值±标准差”表示。

2 结　果

2.1 热应激条件下脂肪来源对肉兔生产性能的影响

由表 2 可知，热应激条件下脂肪来源对肉兔平均日采食量、平均日增重和料重比均有显著影响(P<0.05)。牛油组平均日采食量最低，且显著低于玉米油组和大豆油组(P<0.05)，也低于对照组和猪油组，但差异不显著(P>0.05)；对照组平均日增重最低，各脂肪添加组均显著高于对照组(P<0.05)，玉米油组和豆油组还显著高于牛油组(P<0.05)，也高于猪油组，但差异不显著(P>0.05)；对照组料重比最高，各脂肪添加组均显著低于对照组(P<0.05)，玉米油组还显著低于牛油组(P<0.05)，也低于猪油组和豆油组，但差异不显著(P>0.05)。

表 2　热应激条件下脂肪来源对肉兔生产性能的影响

Table 2　Effects of fat source on performance of meat rabbits under heat stress

项目 Items	对照组 Control group	牛油组 Butter group	猪油组 Lard group	玉米油组 Corn oil group	豆油组 Soybean oil group	P 值 P-value
平均日采食量 ADG/g	95.69±0.98^{ab}	94.68±1.21^{a}	95.45±1.18^{ab}	96.27±1.09^{b}	96.18±1.25^{b}	0.038
平均日增重 ADFI/g	25.89±0.42^{a}	27.59±0.52^{b}	28.05±0.39^{bc}	28.78±0.45^{c}	28.57±0.47^{c}	0.021
料重比 F/G	3.70±0.05^{a}	3.43±0.04^{b}	3.40±0.03^{bc}	3.35±0.04^{c}	3.37±0.03^{bc}	0.016

同行数据肩标相同或无小写字母表示差异不显著(P>0.05)，不同小写字母表示差异显著(P<0.05)。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean no significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 热应激条件下脂肪来源对肉兔养分消化率的影响

由表 3 可知，热应激条件下脂肪来源对肉兔干物质和粗蛋白质消化率有显著影响(P<

0. 05)，而对粗灰分和粗纤维消化率无显著影响（P>0. 05）。对照组干物质和粗蛋白质消化率显著低于各脂肪添加组（P<0. 05），以玉米油组干物质消化率最高，豆油组粗蛋白质消化率最高；对照组粗脂肪消化率显著高于各脂肪添加组（P<0. 05），但各脂肪添加组之间差异不显著（P>0. 05）；各组之间粗灰分和粗纤维消化率无显著差异（P>0. 05）。

表 3　热应激条件下脂肪来源对肉兔养分消化率的影响

Table 3　Effects of fat source on nutrient digestibility of meat rabbits under heat stress　　%

项目 Items	对照组 Control group	牛油组 Butter group	猪油组 Lard group	玉米油组 Corn oil group	豆油组 Soybean oil group	P 值 P-value
干物质 DM	80.28±2.03^{a}	82.10±2.18^{b}	82.14±1.98^{b}	83.24±1.88^{b}	83.19±2.04^{b}	0.042
粗蛋白质 CP	77.08±1.08^{a}	78.37±0.98^{b}	78.54±1.29^{b}	78.69±1.42^{b}	78.87±1.13^{b}	0.036
粗脂肪 EE	86.28±2.20^{b}	82.35±1.89^{a}	83.29±3.01^{a}	84.01±2.57^{a}	83.79±2.87^{a}	0.039
粗灰分 Ash	31.27±3.35	31.58±4.01	30.87±2.98	32.07±3.14	31.78±2.57	0.117
粗纤维 CF	28.98±3.25	27.89±3.57	28.87±4.14	27.67±4.65	28.04±4.57	0.176

2.3 热应激条件下脂肪来源对肉兔血清脂质代谢指标的影响

由表 4 可知，热应激条件下脂肪来源对肉兔血清甘油三酯和总胆固醇含量有显著影响（P<0. 05），而对血清高密度脂蛋白和低密度脂蛋白含量无显著影响（P>0. 05）。对照组、玉米油组和豆油组血清甘油三酯和总胆固醇含量差异不显著（P>0. 05），但上述 3 组均显著低于牛油组和猪油组（P<0. 05），且牛油组还显著高于猪油组（P<0. 05）；各组之间血清高密度脂蛋白和低密度脂蛋白含量无显著差异（P>0. 05）。

表 4　热应激条件下脂肪来源对肉兔血清脂质代谢指标的影响

Table 4　Effects of fat source on serum lipid metabolism indices of meat rabbits under heat stress　　mmol/L

项目 Items	对照组 Control group	牛油组 Butter group	猪油组 Lard group	玉米油组 Corn oil group	豆油组 Soybean oil group	P 值 P-value
甘油三酯 TG	0.98±0.18^{a}	1.33±0.24^{c}	1.19±0.17^{b}	0.90±0.14^{a}	0.92±0.19^{a}	0.032
总胆固醇 TC	1.32±0.26^{a}	1.79±0.24^{c}	1.56±0.27^{b}	1.28±0.21^{a}	1.35±0.30^{a}	0.041
高密度脂蛋白 HDL-C	0.65±0.14	0.77±0.11	0.75±0.14	0.72±0.17	0.73±0.15	0.212
低密度脂蛋白 LDL-C	0.32±0.12	0.35±0.10	0.34±0.09	0.31±0.11	0.29±0.13	0.243

2.4 热应激条件下脂肪来源对肉兔血清抗氧化指标的影响

由表 5 可知，热应激条件下脂肪来源对肉兔血清 SOD 活性、T-AOC 和 MDA 含量均有显著影响(P＜0.05)。对照组、猪油组和牛油组血清 SOD 活性和 T-AOC 差异不显著(P>0.05)，但上述 3 组均显著低于玉米油组和豆油组(P＜0.05)；对照组、猪油组和牛油组血清 MDA 含量差异不显著(P>0.05)，但上述 3 组均显著高于玉米油组和豆油组(P＜0.05)。

表 5　热应激条件下脂肪来源对肉兔血清抗氧化指标的影响

Table 5　Effects of fat source on serum antioxidant indices of meat rabbits under heat stress

项　目 Items	对照组 Control group	牛油组 Butter group	猪油组 Lard group	玉米油组 Corn oil group	豆油组 Soybean oil group	*P* 值 *P*-value
超氧化物歧化酶 SOD/(U/mL)	275.28±24.04^{ab}	252.35±25.67^{a}	256.27±27.51^{a}	288.14±23.25^{c}	287.48±24.14^{c}	0.035
总抗氧化能力 T-AOC/(U/mL)	4.18±0.14^{ab}	3.71±0.16^{a}	3.81±0.19^{a}	4.83±0.24^{c}	4.67±0.18^{c}	0.021
丙二醛 MDA/（nmol/mL）	5.64±0.35^{a}	5.76±0.11^{a}	5.68±0.06^{a}	3.26±0.12^{b}	3.36±0.12^{b}	0.043

3 讨　论

3.1 热应激条件下脂肪来源对肉兔生产性能和养分消化率的影响

本试验结果显示，在热应激条件下饲粮脂肪来源影响肉兔的生产性能，以玉米油效果最佳，豆油次之，猪油再次之，牛油最差。研究发现，热应激条件下脂肪热增耗低，具有额外能量效应[11]。因此，各脂肪添加组肉兔生产性能均优于对照组。饲粮粗脂肪消化率主要取决于脂肪的来源，与脂肪中脂肪酸链的长短和饱和度高度相关，中短链脂肪酸在利用效率、利用速度上都高于长链脂肪酸，不饱和脂肪酸相对于饱和脂肪酸更易被消化吸收，中短链脂肪酸酯化率低，大部分不需经脂肪酶分解而直接吸收，且被吸收后可以直接透过上皮细胞进血液循环，而长链脂肪酸必须经过酶解作用形成脂肪微粒，再被细胞吸收重新合成甘油三酯进入循环系统，导致其吸收率偏低[12]。本试验中玉米油组和豆油组粗脂肪消化率显著高于猪油和牛油组，也验证了上述理论。玉米油和豆油的脂肪酸组成以中短链脂肪酸为主且不饱和脂肪酸含量高，而猪油和牛油的脂肪酸组成以长链脂肪酸为主且饱和脂肪酸含量高，特别是牛油。刘忠臣等[7]和朴香淑等[13]也有类似的报道。

3.2 热应激条件下脂肪来源对肉兔血清脂质代谢指标的影响

本试验中，猪油组和牛油组肉兔血清甘油三酯和总胆固醇含量较对照组显著提高，而玉米油组和豆油组则与对照组差异不显著。部分研究者认为饲粮脂肪类型和含量影响血脂水平，添加饱和脂肪酸含量高的油脂可提高血液中脂类和胆固醇含量，添加不饱和脂肪酸含量高的优质可以降低血液中脂类和胆固醇含量[12]。研究还发现，在应激条件下多不饱和脂肪酸（n-3和n-6脂肪酸）

家族具有抑制编码肝脏脂肪酸合成酶和糖酵解酶的基因转录的作用，n-3脂肪酸能够抑制甘油三酯合成、极低密度脂蛋白分泌，保持低的血清甘油三酯含量；饱和脂肪酸可直接升高血清低密度脂蛋白和胆固醇含量，还可通过降低胆固醇7α-羟化酶的表达来阻止胆固醇的代谢[3,14-15]。

Fernández等[16]研究发现，动物油脂中猪油和牛油的饱和脂肪酸含量高，利用率相对较低，并易造成血脂和胆固醇沉积，这与本试验结果一致。本试验中植物性油脂豆油和玉米油并没有降低肉兔血清甘油三酯和胆固醇含量，可能与本试验对照组饲粮粗脂肪含量偏低，试验组饲粮粗脂肪添加量较高有关。李娟娟等[17]也有豆油对肉鸡血液中脂类和胆固醇含量无显著影响的报道。

3.3 热应激条件下脂肪来源对肉兔血清抗氧化指标的影响

本试验中，以属于植物油的豆油和玉米油为脂肪源可以显著提高肉兔血清SOD活性和T-AOC，降低血清MDA含量，而以属于动物油的牛油和猪油为脂肪源时，肉兔的上述指标尽管较对照组差异不显著，但抗氧化能力也有所下降，说明植物油的抗氧化能力显著优于动物油，其中以玉米油的抗氧化能力最佳。T-AOC代表机体防御体系的抗氧化能力，MDA是脂质过氧化中产生的脂质过氧化产物，二者是衡量机体抗氧化系统功能状况的综合性指标[3]。在热应激条件下，肉兔血清T-AOC出现了显著下降和MDA含量显著增加，说明肉兔的抗氧化酶系统和非酶系统对外来刺激的代偿能力出现显著下降。研究表明不饱和脂肪酸具有较高的抗氧化能力，而饱和脂肪酸具有较强的抗还原能力，组织中多不饱和脂肪酸的含量及其不饱和程度直接决定了可能发生的脂质过氧化程度[12]。因此，在机体本身抗氧化能力下降的时候，饲粮中添加具有抗氧化能力的富含不饱和脂肪酸的植物油，可以有效清除自由基对机体组织细胞的损害作用，维持机体组织抗氧化能力。SOD是机体中的一种重金属酶，对机体的氧化与抗氧化平衡起着至关重要的作用，可清除超氧阴离子自由基，发挥抗炎作用，反映机体清除氧自由基的能力[18]。本试验中，以豆油和玉米油为脂肪源显著提高了肉兔血清SOD活性，目前关于SOD合成机制的报道不多，可能原因是在热应激环境下，机体抗氧化能力下降，机体动员合成更多的SOD来应对机体抗氧化能力的下降，而采食含植物油饲粮的肉兔机体自由基总量较少，而采食含动物油饲粮的肉兔机体自由基总量较多，从而出现采食含植物油饲粮的肉兔血清SOD活性升高的现象。

4 结 论

热应激条件下，饲粮添加不同来源脂肪均可提高肉兔的生产性能及干物质和粗蛋白质消化率，从整体效果来看，玉米油＞豆油＞猪油＞牛油；饲粮添加牛油或猪油可提高肉兔血清甘油三酯和总胆固醇含量，对机体抗氧化能力的影响不显著；饲粮添加豆油或玉米油对肉兔血清甘油三酯和总胆固醇无显著影响，但可显著提高机体的抗氧化能力。

参考文献：

[1] 郭志强,谢晓红,雷岷,等.热应激环境下饲粮添加油脂对肉兔生产性能的影响[J].中国养兔,2012(8):7–9.

[2] 雷岷,谢晓红,易军,等.热应激条件下日粮消化能水平对肉兔生产性能和养分消化率的影响[J].中国饲料,2012(7):20–22.

[3] 王自力,张翥,唐琪,等.中药复方对热应激肉兔肠道组织结构及肝脏抗氧化机能的影响[J].中国兽医杂志,2014,50(6):48–51,54.

[4] 杨奉珠,郭志强,谢晓红,等.营养调控兔热应激的研究进展[J].中国草食动物,2011,31(4):68–71.

[5] 陈萍,李福昌.日粮中添加脂肪对断奶至 2 月龄肉兔生产性能与生理指标的影响[J].动物营养学报,2006,18(3):179–185.

[6] CERVERA C,BLAS E,FERNÁNDEZ-CARMONA J.Growth of rabbits under different environmental temperatures using high fat diets[J].World Rabbit Science,1997,5(2):71–75.

[7] 刘忠臣,陈代文,余冰,等.不同脂肪来源对断奶仔猪生长性能和脂类代谢的影响[J].动物营养学报,2011,23(9):1466–1474.

[8] MARAI I F M,HABEEB A A M,GAD A E.Rabbits' productive,reproductive and physiological performance traits as affected by heat stress:a review[J].Livestock Production Science,2002,78(2):71–90.

[9] 谷子林,秦应和,任克良.中国养兔学[M].北京:中国农业出版社,2013.

[10] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].3 版.北京:中国农业大学出版社,2007.

[11] 李福昌.家兔营养[M].北京:中国农业出版社,2009.

[12] 布拉斯.家兔营养[M].唐良美译.2 版.北京:中国农业出版社,2015.

[13] 朴香淑,李德发,代建国,等.不同脂肪来源对早期断奶仔猪生产性能的影响[J].动物营养学报,2001,13(4):34–39.

[14] YUAN L,LIN H,JIANG K J,et al.Corticosterone administration and high-energy feed results in enhanced fat accumulation and insulin resistance in broiler chickens[J].British Poultry Science,2008,49(4):487–495.

[15] 郝婧宇,卢庆萍,张宏福,等.持续高温对不同性别北京油鸡脂肪代谢及血液脂肪细胞因子水平的影响[J].动物营养学报,2012,24(6):1038–1043.

[16] FERNÁNDEZ C,COBOS A, FRAGA M J.The effect of fat inclusion on diet digestibility in growing rabbits[J].Journal of Animal Science,1994,72(6):1508–1515.

[17] 李娟娟,佟建明,董晓芳,等.油脂类型和日粮能量对肉仔鸡生长性能和脂肪沉积的影响[J].动物营养学报,2008,20(5):501–508.

[18] 潘瑜,毛述宏,关勇,等.饲料中不同脂肪源对鲤鱼生长性能、脂质代谢和抗氧化能力的影响[J].动物营养学报,2012,24(7):1368–1375.

Effects of Fat Source on Performance, Nutrient Digestibility and Serum Lipid Metabolism and Antioxidant Indices of Meat Rabbits under Heat Stress

GUO Zhiqiang[1,2] KUANG Liangde[1] REN Yongjun[1] LI Congyan[1] XIE Xiaohong[1] LEI Min[1*]

(1. *Sichuan Animal Science Academy*, *Chengdu* 610066, *China*; 2. *Animal Breeding and Genetics Key*

Laboratory of Sichuan Province, *Chengdu* 610066, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to evaluate the effects of fat source on performance, nutrient digestibility and serum lipid metabolism and antioxidant indices of meat rabbits under heat stress. Six hundred 30-day-old weaned New Zealand rabbits were randomly divided into five groups, and each group included six replicates and each replicate included 20 rabbits. Rabbits in control group were fed a basal diet, and rabbits in fat addition groups were fed diets contained 2% butter, lard, corn oil and soybean oil, respectively. The experiment lasted for seven weeks, and all rabbits were fed in the rabbit house under heat stress environment （temperature-humidity index was 29.5±0.5）. The results showed as follows: compared with control group, diet with different sources of fat under heat stress condition could significantly increase the average daily gain of meat rabbits ($P<0.05$), significantly decrease the feed/gain ($P<0.05$), and the corn oil had the best effect. Compared with control group, diet with different sources of fat under heat stress condition could significantly increase the digestibility of dry matter and crude protein ($P<0.05$), and significantly decrease the digestibility of ether extract, but had no significant effect on the digestibility of ash and crude fibre ($P>0.05$). The digestibility of dry matter of corn oil group was the highest, and the digestibility of crude protein of soybean oil group was the highest. Compared with control group, diet with butter or lard under heat stress condition could significantly improve the contents of triglyceride and total cholesterol in serum ($P<0.05$), but the contents of triglyceride and total cholesterol in serum of corn oil group and soybean oil group were not significant different ($P>0.05$). Compared with control group, diet with corn oil or soybean oil under heat stress condition could significantly improve the serum superoxide dismutase activity and total antioxidant capacity ($P<0.05$), and significantly reduce the serum malondialdehyde content ($P<0.05$), but the serum superoxide dismutase activity, total antioxidant capacity and malondialdehyde content of butter group and lard group were not significant different ($P>0.05$). The results indicate that diet with different sources of fat under heat stress condition can increase the performance and the digestibility dry matter and crude protein of meat rabbits, and the overall effect shows corn oil group>soybean oil group>lard group>butte group. Diet with butter or lard under heat stress condition can significantly improve the serum triglyceride and total cholesterol contents, but have no significant effect on the antioxidant capacity of meat rabbits.

Diet with corn oil or soybean oil under heat stress condition have no significant effects on the serum triglyceride and total cholesterol contents, but can significantly improve the antioxidant capacity of meat rabbits.

Key words: heat stress; meat rabbits; fat source; performance; serum indices

---

*Corresponding author, professor, E-mail: xkyyts@126.com (责任编辑　菅景颖)